

# Izrada mehatroničkog sustava stabilizacije folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu

---

**Božić, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:654379>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**Izrada mehatroničkog sustava stabilizacije folije i  
digitalnog Ink-Jet ispisa na istu**

Završni rad br. 16/MEH/2020

Domagoj Božić

Bjelovar, lipanj 2020.



Veleučilište u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Božić Domagoj**

Datum: 31.08.2020.

Matični broj: 001895

JMBAG: 0246072923

Kolegij: **VIRTUALNO OBLIKOVANJE MEHATRONIČKIH SUSTAVA**

Naslov rada (tema): **Izrada mehatroničkog sustava stabilizacije folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Proizvodno strojarstvo**

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., mentor
3. Danijel Radočaj, mag.inž.meh., član

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 16/MEH/2020

U radu je potrebno:

1. Konstruirati sustav u CAD programskome alatu za 3D modeliranje.
2. Izraditi kompletnu tehničku dokumentaciju potrebnu za obradu (električna i mehanička).
3. Angažirati podizvođača radova (CNC obrada, transport, el. ožičenje).
4. Sastaviti sustav i testirati ga.
5. Izraditi uputstva za rukovanje i komplementirati dokumentaciju.
6. Implementirati sustav u postojeći pogon.

Zadatak uručen: 31.08.2020.

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**



Zahvaljujem se svome mentoru Tomislavu Pavlicu mag.ing.mech.

Zahvaljujem se svojim roditeljima i zaručnici koji su mi bili podrška!

Zahvaljujem se tvrtki Primark d.o.o. koja mi je dopustila da svoj projekt za njih, prezentiram u svom završnom radu.

# Sadržaj

<b>1.</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Inicijalni upit klijenta .....</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Tehnički uvjeti .....</i>	2
2.2	<i>Zahjevi od strane kupca .....</i>	3
2.2.1	Poslovni zahtjevi.....	3
2.2.2	Funkcionalni zahtjevi.....	3
2.3	<i>Izvid lokacije .....</i>	3
2.3.1	Opservacije nakon izvida lokacije: .....	5
<b>3.</b>	<b>Odabir tehnologije ispisa.....</b>	<b>6</b>
3.1	<i>Karakteristike AlphaJet Mondo printera.....</i>	7
3.2	<i>Testiranje ispisa na PVC foliju .....</i>	8
3.3	<i>Koncept putanje folije .....</i>	8
<b>4.</b>	<b>Princip rada.....</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>Izrada 3D modela sustava .....</b>	<b>11</b>
5.1	<i>Konstrukcija .....</i>	12
5.2	<i>Funkcionalni dijelovi.....</i>	12
5.3	<i>Dosjed .....</i>	13
5.3.1	Labavi dosjed.....	14
5.3.2	Prijelazni dosjed .....	14
5.3.3	Prisni dosjed .....	15
5.4	<i>Konstruiranje modela.....</i>	15
5.4.1	Transportni valjak.....	15
5.4.2	Pogonski valjak.....	16
5.4.3	Sklop – Servomotor i valjci za odmatanje .....	16
5.4.4	Sklop – Rola folije sa Servomotorom.....	17
5.4.5	Zaštitne ploče (engl. Covers).....	18
5.5	<i>Popis materijala .....</i>	18
<b>6.</b>	<b>Električne komponente i shema.....</b>	<b>20</b>
6.1	<i>Plan električnog ormara .....</i>	21
6.2	<i>Shema spajanja servomotora i kontrolera .....</i>	21

6.3	<i>Shema spajanja sigurnosnog releja</i>	23
6.4	<i>Shema spajanja digitalnih ulaza</i>	23
6.5	<i>Kontrolna ploča</i>	24
6.6	<i>Specifikacije sustava</i>	25
<b>7.</b>	<b>Sastavljanje sustava</b>	<b>26</b>
7.1	<i>Sastavljanje konstrukcije</i>	26
7.2	<i>Ožičenje</i>	26
<b>8.</b>	<b>Testiranje sustava</b>	<b>28</b>
8.1	<i>Parametriranje</i>	28
<b>9.</b>	<b>Integracija sustava</b>	<b>29</b>
9.1	<i>Testiranje linije</i>	30
9.2	<i>Završni proizvod</i>	31
<b>10.</b>	<b>ZAKLJUČAK</b>	<b>32</b>
<b>11.</b>	<b>LITERATURA</b>	<b>33</b>
<b>12.</b>	<b>OZNAKE I KRATICE</b>	<b>35</b>
<b>13.</b>	<b>SAŽETAK</b>	<b>36</b>
<b>14.</b>	<b>ABSTRACT</b>	<b>37</b>
<b>15.</b>	<b>PRILOZI</b>	<b>38</b>

## 1. Uvod

Automatizacija procesa preuzima brigu o kontroli procesa uz eliminaciju određenog postotka ljudske pogreške. Dodatno se proces ubrzava pomoću elektroničkih i mehaničkih uređaja koji zamjenjuju ljudski rad. Razvojem modernih industrijskih sustava razvija se potreba za automatsko upravljanje i regulaciju. Takav zadatak vrši se pomoću programabilnih logički kontroler (PLC). PLC upravlja raznim strojevima i procesima putem analognih i/ili izlaznih i ulaznih signala.

U okviru ovog rada opisan je proces izrade mehatroničkog sustava, počevši od tehničkih zahtjeva klijenta do završne integracije sustava na postojeću liniju. Prvi korak je izvid lokacije i uzimanje svih mjera koje određuju gabarite stroja. Konstrukcija sustava rađena je u programu *SolidWorks2015*. Početno *SolidWorks* koristi se za izradu idejnih nacrti i prezentaciju koncepta klijentu, potom se razrađuje troškovnik.

Potpisivanjem ugovora kreće se s izradom 3D modela. Po završetku modeliranja izrađuju se tehnički crteži nakon kojih slijede revizije i odabir odgovarajućih materijala. Tehnološki proces započinje odabirom početne veličine materijala potrebnog za izradu određene pozicije, potom slijedi odabir odgovarajuće tehnologije za obradu. Ovisno o uvjetima, obrađeni dijelovi mogu se također zaštititi: bruniranjem, eloksiranjem, galvanizacijom.

Nakon slanja tehničkih crteža dijelova na izradu, kreće se s naručivanjem elektroničkih i mehaničkih komponenata. Nakon odabira svih komponenata moguće je izraditi električne sheme prema kojima se kasnije vrši ožičenje sustava.

Posljednji korak prije integracije sustava je parametriranje i testiranje stroja. Testiranje uključuje prolazak svih mogućih događaja prilikom rada stroja. Prolaskom svih testova sustav se integrira i izvodi se završno testiranje na lokaciji.

## 2. Inicijalni upit klijenta

Sustav se sastoji od CIJ pisača (engl. *continuousInkJet*) i sustava za automatsko odmotavanje trake do pisača, te daljnji pomak trake do mašine za pakiranje, odnosno šivanje. Sustav automatizira proces pakiranja prehrambenih proizvoda. Pisač ispisuje potrebne podatke na traku. Sustav za automatsko, kontrolirano, odmotavanje trake odmotava traku s koluta, privodi je glavi CIJ pisača, te je nakon ispisa, dalje transportira i predaje mašini za pakiranje. "Stroj" mora dodavati traku mašini za pakiranje dovoljnom brzinom, te ne smije usporavati proces pakiranja niti stvarati višak trake.

### 2.1 Tehnički uvjeti

#### Opis ušivne trake:

- Boja: bijela
- Materijal: PVC
- Širina: 85 mm
- Debljina: 0,2 mm
- Vanjski promjer role: 260 mm
- Unutarnji promjer role: 75 mm.

#### Opis pogonskih uvjeta:

- Raspon temperature pogona: 0°C – 30°C
- Brzina povlačenja trake od strane pakirnog stroja: 7,5 m/min
- Duljina jednog povlačenja od strane pakirnog stroja: 0,5 m
- Broj sati rada strojadnevno: 16 h
- Broj dana rada stroja mjesečno: 25 dana
- Razina vlage na 20 °C: 75 % - 80 %
- Razina prašine: visoka.

#### Opis ispisa:

- Dimenzija ispisa: 220 x 12,5 mm
- Broj ispisa po jednoj vreći: 2
- Razmak između ispisa: 80 – 100 mm
- Tehnologija ispisa: InkJet.



## **2.2 Zahtjevi od strane kupca**

Dokumentacija slijedi i sastoji se od svih zahtjeva kupaca. Zahtjevi kupaca očituju se prilikom inicijalnog sastanka i stvaranja zapisa.

### **2.2.1 Poslovni zahtjevi**

1. Smanjenje troškova, analizom utroškom sirovina
2. Smanjeni rizici i potencijalni neželjeni troškovi.

### **2.2.2 Funkcionalni zahtjevi**

1. Automatizacija procesa označavanja
2. Ispis podataka u stvarnom vremenu
3. Trenutna promjena podataka ispisa prema proizvod
4. Mogućnost promjene pozicija ispisa podataka prema potrebama.

## **2.3 Izvid lokacije**

Dolaskom na lokaciju određuje se mjesto na koje će se integrirati sustav za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu. Nakon odabira mjesta uzimaju se mjere i potrebni podaci. Slika 2.1 Prikazuje ulaz PVC folije. Slika 2.2 prikazuje predviđeno mjesto za instalaciju sustava. Slika 2.3 prikazuje inicijalnu skicu.



Slika 2.1: Izvid lokacije – ulaz PVC folije [1]



Slika 2.2: Izvid lokacije – predviđeno mjesto za sustav za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu



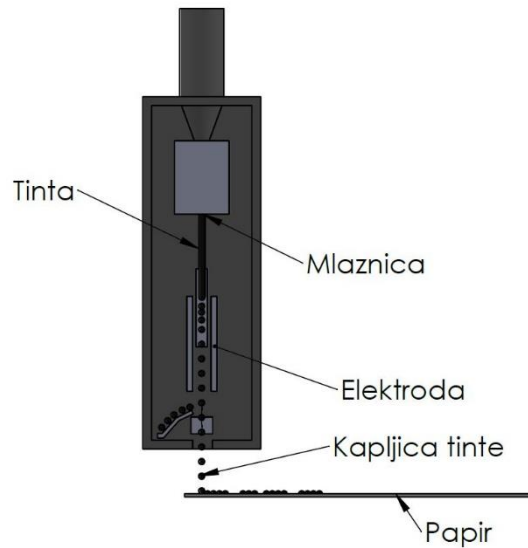
### 3. Odabir tehnologije ispisa

Temelj sustava sustav za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu je CIJ printer AlphaJet Mondo. Kontinuirani *InkJet* tisak koristi se za označavanje proizvoda i ambalaža [1]. Visokotlačna pumpa provodi tintu iz glavnog spremnika kroz sustav i mlaznicu. Tinta cirkulira kroz sustav konstantno.

U ispisnoj glavi nalazi se piezoelektrični kristal i stvara udarne valove (engl. *Acoustic wave*) koji uzrokuju razbijanje mlaza tinte u kapljice. Ispis se dobiva kada kapljice izložimo električnom polju koje skreće kapljice pomoću statičnog elektriciteta svake kapljice. Slika 3.1 prikazuje Inkjet printer AlphaJet Mondo. Slika 3.2 prikazuje pojednostavljeni princip rada ispisne glave.



Slika 3.1 AlphaJet Mondo [2]



Slika 3.2:Princip rada ispisne glave

### 3.1 Karakteristike AlphaJet Mondo printera

Tintni sustav:

- Integriran povratak otapala
- Tinta i otapalo u bocama od jedne litre
- Zaštita potrošne robe, automatsko prepoznavanje tinte i otapala
- Jednostavna zamjena boca.

Ispis:

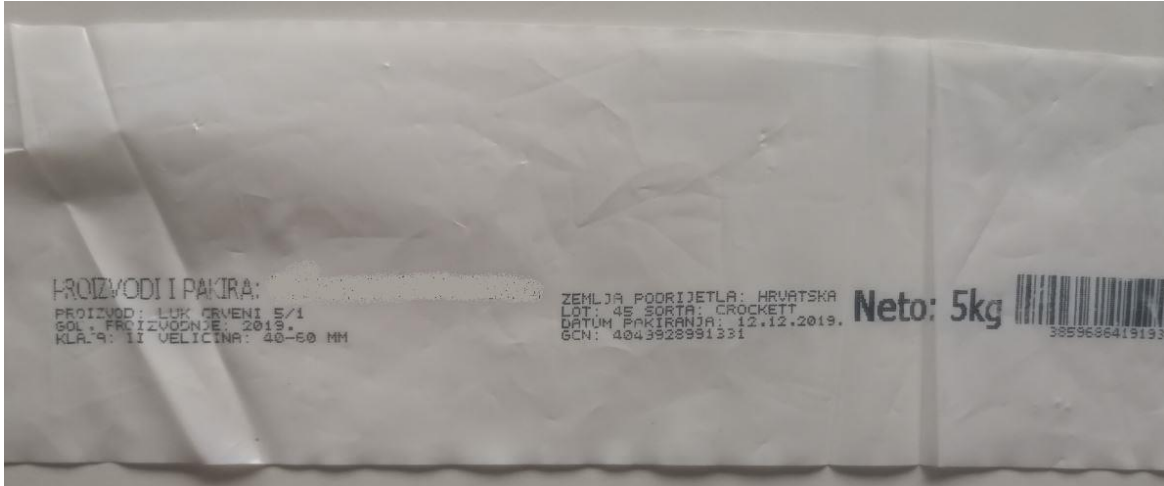
- Do 5 redaka,
- 32 *pixels*,
- Veličina fonta: 0,8 – 15mm,
- Maksimalna brzina: 385 m/min,
- Kompozicija teksta: automatsko vrijeme i datum, numeriranje, bar kod, data *matrix* kod.

Korisničko sučelje:

- USB
- Ethernet
- RS 232
- Digitalni portovi s4 ulaza i 4 izlaza
- Relej alarma.

Tehnički podaci AlphaJet Mondo printera:

- Kontrolna jedinica: 340 x 270 x 550 mm
- Ispisna glava: 40 x 40 x 145 mm
- Napajanje: 86 – 264 V  $\pm$ 10 % 50 – 60 Hz



Slika 3.3:Ispis na PVC foliju

### 3.2 Testiranje ispisa na PVC foliju

Ispisivanje etikete na PVC foliju provodi se tako da je glava pisača fiksna, a folija putuje. Koristi se tinta na bazi alkohola. Vrijeme sušenja tinte je ~6 sekundi. Brzina ispisa iznosi 7,5 m/min. Foliji je potrebno 0,625 m kako bi se tinta osušila. Slika 3.3 prikazuje testni ispis na PVC foliju.

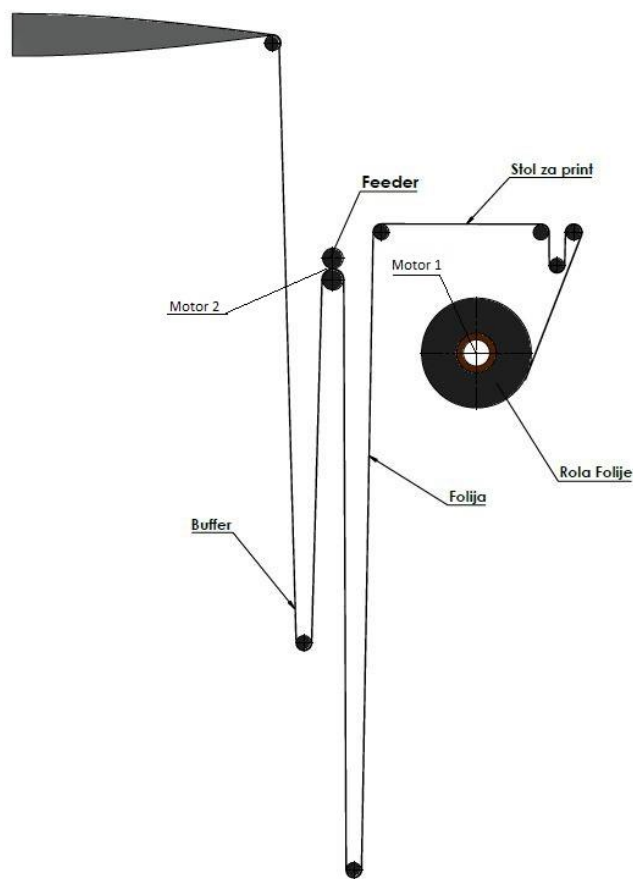
### 3.3 Koncept putanje folije

Intermitentno povlačenje folije stvara prvi problem prilikom ispisa. Printeru je potrebno 5000 impulsa po jednom okretu enkodera što je jednako 27 impulsa po milimetru. Svakim pomakom folije generiramo impulse koji šalju printeru poruku da se traka kreće i da je potreban ispis.

Međuspremnik eliminira problem intermitentnosti trake. U međuspremniku se uvijek nalazi minimalno jedan ciklus ispisa (0,5 m). Međuspremnik se ponaša kao plovak. Prilikom spuštanja u najnižu poziciju, aktivira senzor koji zaustavlja odmotavanje trake, kod povlačenja do najviše pozicije, aktivira se ispis i odmotavanje trake. Odmotavanjem koluta folije smanjuje se vanjski promjer te se samim time smanjuje linearna brzina folije. Kako bi se održala konstantna napetost folije korištena su dva servomotora. Prvi servomotor služi za odmotavanje folije, a drugi servomotor održava zakretni moment. Slika 3.4 prikazuje koncept putanje folije.

Zbog vremena sušenja, stavljen je razmak između dijela na kojem se printa i dijela na kojem traka prolazi kroz gumene valjke koji ju odmataju s role. Valjci su vulkanizirani. Prvi valjak je pogonski, drugi valjak je povezan preko zupčanika s omjerom 1:1. Valjci su u kontaktu kako ne bi došlo do proklizavanja folije prilikom povlačenja od strane pakirnog stroja.

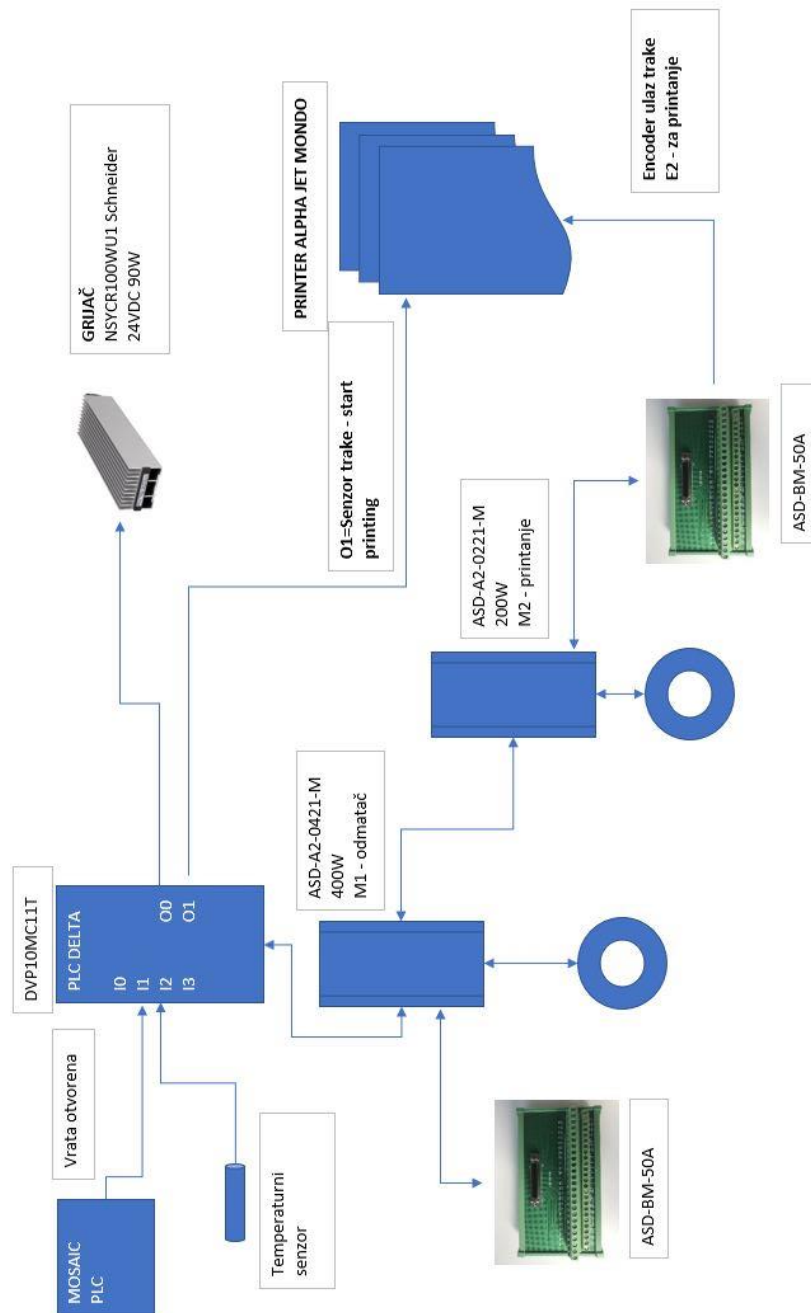
Izlaskom iz valjaka folija nailazi na gravitacijski međuspremnik koji ima hod od 1,2 metara. Folija na izlazu iz sustava mora biti orijentirana vertikalno, kako bi se mogla direktno ušiti na vreće. Prilikom nestanka folije servomotor, na čijoj se osovini nalazi rola folije, detektira promjenu snage zakretnog momenta i zaustavlja valjke za odmotavanje. Zamjena role se odvija postupkom otpuštanja brzostezne glave na kojoj se nalazi prazna rola, kraj završene folije se spaja s početkom nove folije.



Slika 3.4: Putanja folije

## 4. Princip rada

Blok shema na slici 4.1 prikazuje ključne dijelove sustava. Delta PLC kontroler upravlja radom sustava. Odmotavanje folije odvija se pomoću motora M1, motor M2 održava napetost folije kod kretanja i zaustavljanja ispisa. Sigurnosni relej Mosaic kontrolira da li su svi otvori zatvoreni. Kod otvaranja vrata prilikom rada stroja sigurnosni relej zaustavlja rad cijelog sustava za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu. Pokretanje rada moguće je tek nakon zatvaranja vrata i resetiranja sustava. Enkoder servomotora M2 šalje podatke o kretanju folije pisaču AlphaJet Mondo.



Slika 4.1: Blok shema





## 5.1 Konstrukcija

Konstrukcija sustava za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu je izrađena od ekstrudiranih aluminijskih profila. Profili su jednostavni za korištenje. Spajanje profila vrši se pomoću kutnih spojeva koji se učvrste maticama posebno izrađenim za utore profila. Slika 5.3 prikazuje spajanje "T" spoja aluminijskih profila.



Slika 5.3: Primjer spoja aluminijskih profila

Konstrukcija se sastoji od ukupno 22 metra aluminijskih profila i 57 kutnih spojeva. Konstrukcija s bočne i stražnje strane je obložena nehrđajućim čelikom tipa AISI 304 (engl. *American Iron and Steele Institute*), a s prednje i gornje strane akrilnim staklom. Akrilno staklo je korišteno zbog lakšeg uvida unutar sustava tijekom rada. Akrilne ploče izrezane su CO<sub>2</sub> eron laserom.

## 5.2 Funkcionalni dijelovi

Većina dijelova izrađena je iz aluminija tipa EN AW 6060. Oznaka EN (engl. *Euronorm*) označava standard, a AW *wroughtproduct* ("kovani proizvod"). Oznaka AC označava *castproduct* ("lijevani proizvod"). Lijevani aluminij dobiva se taljenjem i lijevanjem u kalupe, a "kovani" obradom aluminija u krutom stanju, uz pomoć specijalnih alata [3]. Obrada mehaničkih dijelova je odrađena CNC (engl. *Computer numericalcontrol*) obradnim centrom.

Priprema za obradu počinje kreiranjem trodimenzionalnog modela. Završetkom modeliranja prelazi se na izradu tehničkih crteža koji se sastoje od nacрта modela sa svim potrebnim

dimenzijama i tolerancijama. Dokumentacija se upotpunjuje označavanjem hrapavosti površine koja je uvjetovana procesom obrade. Tablica 5.4 prikazuje stupnjeve površinske hrapavosti dobivene raznim postupcima obrade.

Tablica 5.4: Stupanj površinske hrapavosti [4]

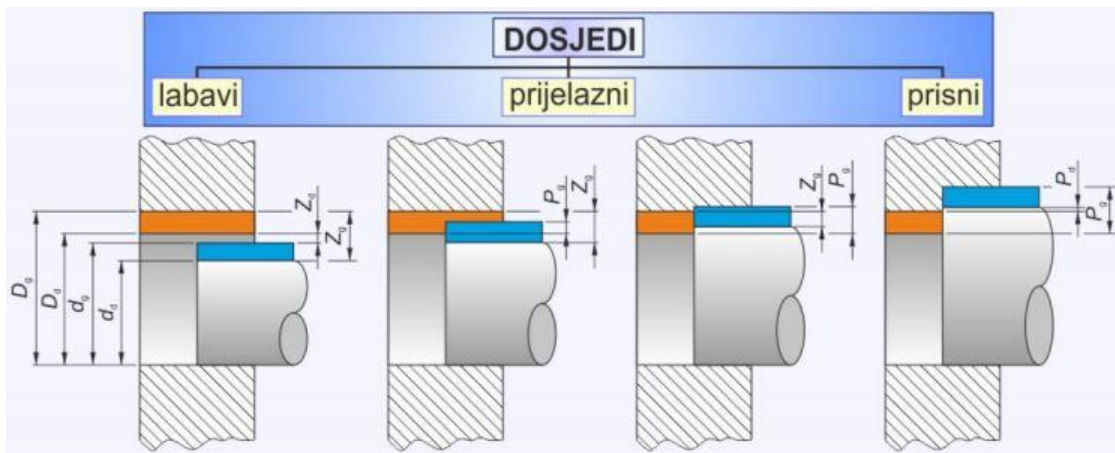
Postupak obrade	Stupanj površinske hrapavosti															
	$R_a, \mu\text{m}$															
	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	400	800
Pjeskarenje																
Sačmarenje																
Plinsko rezanje																
Tokarenje																
- grubo																
- fino																
Blanjanje																
- grubo																
- fino																
Glodanje																
- grubo																
- fino																
Bušenje svrdlom																
Razvrtavanje																
Brušenje																
- grubo																
- fino																
Poliranje																
- mehaničko																
- električno																
Honanje, lepanje																
Superfinaš																
Obrada navoja																
- rezanje																
- brušenje, valjanje																
Obrada zubaca																
- blanjanje																
- glodanje																
- brušenje																

CNC (engl. *Computer Numerical Control*) operater izrađuje G kod, odnosno G naredbe iz 3D modela. *SolidWorks* sadrži ekstenziju *SolidCam* koja omogućuje brz i jednostavan prijelaz iz 3D modela u izradu G koda. G kod sastoji se od niza naredbi koje slijedi stroj i prema tim naredbama pomiče rezni alat. Kod je podijeljen na "rezove" (engl. *Slice*) izvršenjem jednog "reza" alat se spušta i izvršava sljedeći sve do završetka.

### 5.3 Dosjed

Dijelovi koji ostvaruju mehanički vezu zahtijevaju stupanj tolerancije odnosno dosjed. Upotrebljavaju se dva sustava tolerancije [5]. Sustav jedinstvenog provrta (SJP) prema kojem se provrtu prilagođuje osovina i sustav jedinstvene osovine (SJO) kod kojeg se osovini prilagođuje

provrt. Sustav jedinstvenog provrta je češće upotrebljavan zbog jednostavnije obrade osovine do preciznijih mjera. Slika 5.5 prikazuje podjelu dosjeda. ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju) sustav ima podjelu na tri vrste dosjeda koji su podijeljeni na više stupnjeva.



Slika 5.5: Vrste Dosjeda [6]

### 5.3.1 Labavi dosjed

Kod labavog dosjeda osovina je uvijek manja od provrta. To omogućuje lagano sastavljanje i ostavlja prostor za klizanje i rotaciju.

Labavi dosjed je podijeljen na sljedeće potkategorije:

- Vrlo prostran – primjer: H11/d11, (SJP), C11/h11 (SJO)
- Prostran – primjer: H9/d9, H9/c9 (SJP), D9/h9(SJO)
- Poluprostran – primjer: H8/f8(SJP), F8/h6 (SJO)
- Pomičan – primjer: H7/g6 (SJP), G7/h6 (SJO)
- Poluprovodljiv – primjer: H7/h6, H8/h9 (SJP).
- 

### 5.3.2 Prijelazni dosjed

Prijelazni dosjed obuhvaća dvije mogućnosti. Osovina može biti malo veća od provrta, zahtijevajući određenu silu da se ostvari dosjed, ali može biti također dosjed s malom zračnosti za kretanje. Kod specificiranja prijelaznog dosjeda postoji mogućnost za dobivanje obje varijante dosjeda.

Prijelazni dosjed je podijeljen na sljedeće potkategorije:

- Klizni – primjer: H7/p6 (SJP), P7/h6 (SJO)
- Pokretni – primjer: H7/j6 (SJP), J7/h6 (SJO)
- Prilegli – primjer: H7/k6 (SJP), K7/h6 (SJO)

- Stegnuti – primjer: H7/m6 (SJP), M7/h6 (SJO)
- Uglavljeni – primjer: H7/n6 (SJP), N7/h6 (SJO)

### 5.3.3 Prisni dosjed

Kod prisnog dosjeda osovina je uvijek veća od provrta. Sastavljanje dosjeda zahtjeva silu, zagrijavanje provrta i hlađenje osovine. Tim procesom povećava se veličina provrta i smanjuje se dijаметar osovine, te olakšava sastavljanje. Prisni dosjed osigurava poziciju osovine i sprječava rotaciju, time je dobar odabir za prijenos rotacijskih brzina i snage.

Prisni dosjed je podijeljen na sljedeće podkategorije:

- Zažeti – primjer: H7/p6 (SJP), P7/h6 (SJO)
- Čvrsto zažeti – primjer: H7/s6 (SJP), S7/h6 (SJO)
- Prezažeti – primjer: H7/u6 (SJP), u7/h6 (SJO)

## 5.4 Konstruiranje modela

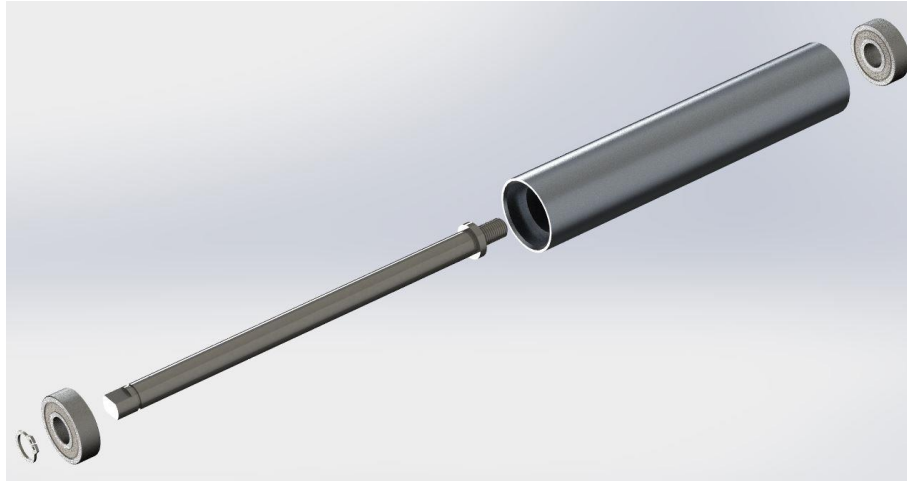
3D modeli mehaničkih dijelova su izrađeni u programu *SolidWorks*. *SolidWorks* je program za oblikovanje pomoću računala (CAD) [7]. Kreiranje modela započinje s izradom 2D skice. Skica se sastoji od geometrije poput linija, lukova, konusa, krivulja. Dimenzije se dodaju u skicu kako bi definirali veličine i lokaciju geometrije. Koristimo veze kojima definiramo povezanost atributa poput paralelnosti, okomitosti, tangენტnosti i koncentričnosti. Dimenzije unutar skice mogu biti kontrolirane pojedinačno ili pomoću veza prema drugim parametrima unutar ili izvan skice.

Unutar sklopa (engl. *Assembly*) koristimo "paritete" (engl. *Mates*). Pariteti definiraju paralelnost, koncentričnost i tangენტnost sklopova, poštivajući individualne dijelove.

Tehnički crteži kreiraju se iz "dijelova" (engl. *Parts*) ili skupova (engl. *Assemblies*). Pogledi su automatski generirani iz modela, bilješke, dimenzije i tolerancije se tada dodaju na crteže, prema potrebama.

### 5.4.1 Transportni valjak

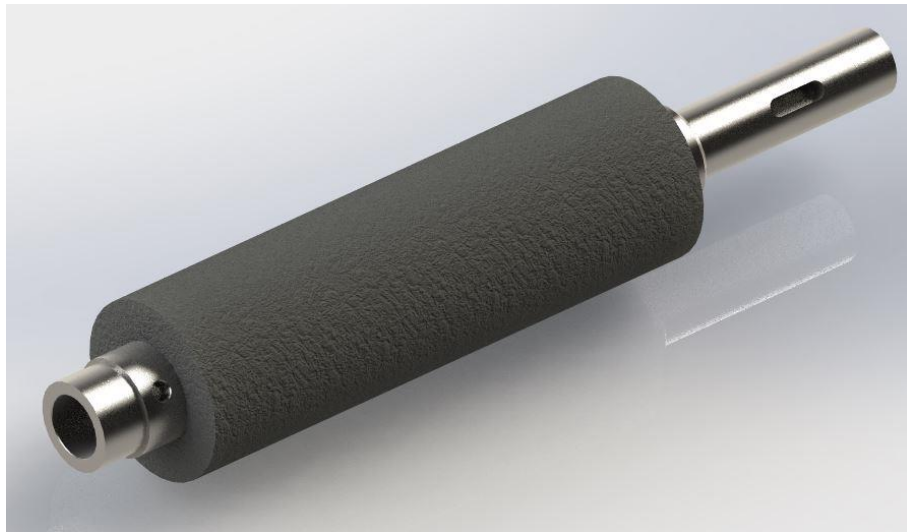
PVC folija se kreće sustavom od role do izlaza pomoću transportnih valjaka. Kako bi se smanjilo generiranje statičnog elektriciteta koristimo valjke umjesto vodilica. Plašt valjka izrađen je od aluminijsa (*EN AW 6060*), a osovina od nelegiranog čelika (*AISI 1020*). Slika 5.6 prikazuje rastavljeni model transportnog valjka.



Slika 5.6:Transportni valjak

#### 5.4.2 Pogonski valjak

Pogonski valjci odmataju PVC foliju, a kad su zaustavljeni; da spriječe proklizavanje iste. Valjci su vulkanizirani poliuretanskom gumom, brušenom na točnu dimenziju. Gume na valjcima su u kontaktu sa folijom. Pogonski valjak povezan je direktno na osovinu servomotora, a gonjeni valjak kreće se preko zupčastog prijenosa. Kretanja zupčanika se odvija jednosmjerno tako da mrtvi hod (engl. *Backlash*) kod zupčanika ne utječe na rad. Slika 5.7 prikazuje model pogonskog valjka.

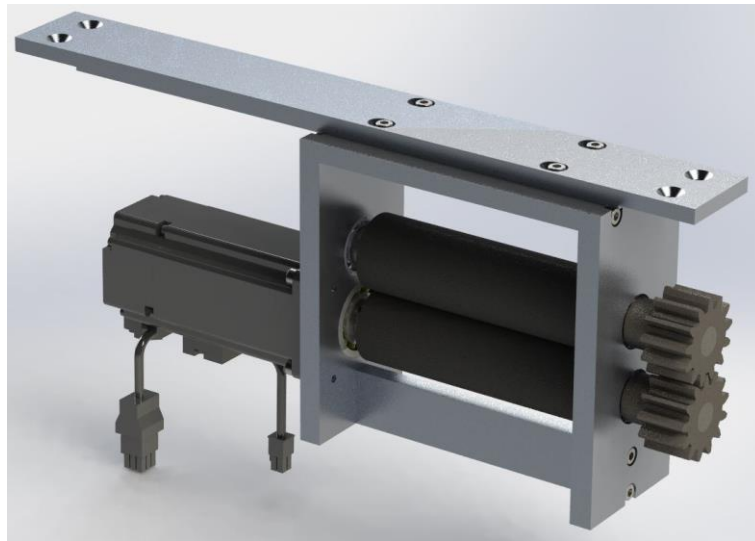


Slika 5.7:Pogonski valjak

#### 5.4.3 Sklop – Servomotor i valjci za odmatanje

Sklop za odmotavanje sastoji se od servomotora i vulkaniziranih valjaka koji odmataju foliju. Izračun tolerancija bitan je za bočne nosive stranice zbog uprešavanja kugličnih ležaja. Kod modeliranja bitno je predvidjeti prostor za promjene i moguće nadogradnje. Širina folije

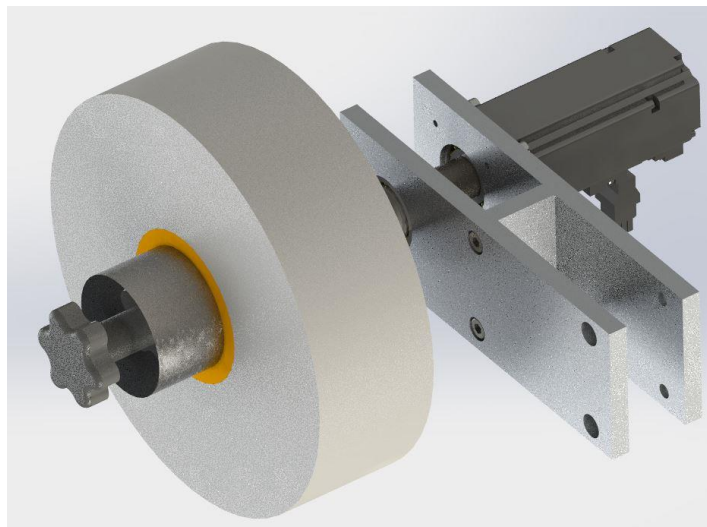
iznosi 85 mm, a sklop ima mogućnost do 130 mm. Primijenjen je prilagodi dosjed na stranice u koje uprešavamo kuglične ležajeve. Slika 5.8 prikazuje model sklopa za odmotavanje.



Slika 5.8: Sklop za odmotavanje

#### 5.4.4 Sklop – Rola folije sa Servomotorom

Sklop se sastoji od servomotora i stezne glave koja na sebi nosi rolu folije. Održavanje konstantne napetosti folije postiže se pomoću servomotora koji se nalazi u konstantnom *Torque* "modu". Servomotor je se koristi kao i detekcija nazočnosti folije. Nakon završetka folije motor detektira promjenu zakretnog momenta i zaustavlja sustav. Druga solucija održavanja napetosti folije bila bi mehanička ili elektromagnetska kočnica. Slika 5.9 prikazuje model sklopa za održavanje napetosti.

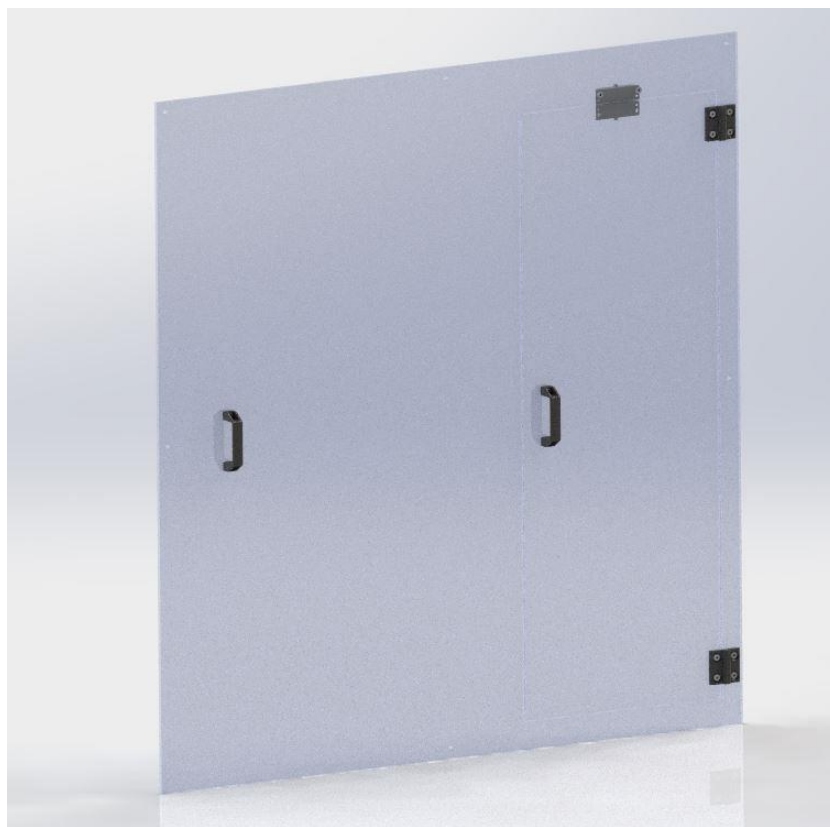


Slika 5.9: Sklop održavanja napetosti

#### 5.4.5 Zaštitne ploče (engl. Covers)

Sustav za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu je zatvoren sa svih strana zbog zaštite od prašine. Relativna vlažnost zraka pri 20 °C iznosi 70 – 75 % i ne predstavlja visok rizik od stvaranja korozije. Ako postoji veći rizik od korozije, zaštitne ploče bile bi izrađene od *AISI* 316, ali za navedene uvjete okoline *AISI* 304 je pogodan. Razlika između *AISI* 304 i *AISI* 316 je veći udio nikla i molibdena. Molibden se dodaje kako bi podigao razinu otpornosti na koroziju.

Prednja zaštita izrađena je od akrilnog stakla koje omogućuje jednostavan uvid unutar sustava, za vrijeme rada. Slika 5.10 prikazuje model prednje zaštite.



Slika 5.10: Prednja zaštita

### 5.5 Popis materijala

Popis materijala se odrađuje za cijeli sustav i kasnije se šalje nabavljačima i izvođačima radova. Primjer za obradu CNC glodanjem: popis sadrži sve pozicije kojima je potrebna obrada glodanjem, a sastoji se od kontrolnih brojeva pozicije, količine i materijala. Popis materijala za željezare sadrži: sve vijke, matice, podloške, ležajeve i slično. Sustav ima 15 pozicija za obradu glodanjem (engl. *Milling*), 17 pozicija za izrezivanje laserom i 33 pozicije za obradu tokarenjem.



Slika 5.11 prikazuje popis pozicija za glodanje. Slika 5.12 prikazuje popis pozicija za lasersko rezanje. Slika 5.13 prikazuje popis pozicija za tokarenje.

Assembly	Part No.	Naziv	Material	Pcs
AB_002	PM_06-20_MP_002_04	Unwinder carry	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_002	PM_06-20_MP_002_09	Unwinder motor carry	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_004	PM_06-20_MP_004_04	Roller carry	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_01	Feeder plate	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_02	Smaller plate	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_06	Top connection	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_07	Bottom connection	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_11	Holder	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_007	PM_06-20_MP_007_01	Printing plate	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_007	PM_06-20_MP_007_02	Mounting	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_008	PM_06-20_MP_008_02	Encoder arm	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_008	PM_06-20_MP_008_09	Encoder table	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_008	PM_06-20_MP_008_10	Encoder table holder	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_008	PM_06-20_MP_012_01	Support	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_012	PM_06-20_MP_012_07	Top cover holder	EN AW 5083 /EN AW 6060	1

Slika 5.11: Popis pozicija za glodanje

Assembly	Part no.	Name	Material	Pcs
AB_001	PM_06-20_MS_001_05	Mounting for printer	AISI 304 2B	1
AB_001	PM_06-20_MS_001_06	Front plexiglass cover	Plexiglass (PMMA)	1
AB_001	PM_06-20_MS_001_08	Side cover	AISI 304 BA + PVC	2
AB_001	PM_06-20_MS_001_13	Back cover	AISI 304 BA + PVC	1
AB_001	PM_06-20_MS_001_13	Bottom cover	AISI 304 BA + PVC	1
AB_002	PM_06-20_MS_002_08	Roll guide plexi	Plexiglass (PMMA)	2
AB_005	PM_06-20_MS_005_11	Servo distance	AISI 304 2B	2
AB_011	PM_06-20_MS_011_01	Plekisglas door	Plexiglass (PMMA)	1
AB_012	PM_06-20_MS_012_01	Side plexi cover	Plexiglass (PMMA)	1
AB_012	PM_06-20_MS_012_04	Top plexi cover	Plexiglass (PMMA)	1
AB_012	PM_06-20_MS_012_05	Back plexi cover	Plexiglass (PMMA)	1
AB_012	PM_06-20_MS_012_08	Doors	Plexiglass (PMMA)	1
AB_012	PM_06-20_MS_012_09	Side with opening	Plexiglass (PMMA)	1

Slika 5.12: Popis pozicija za lasersko izrezivanje

Assembly	Part no.	Name	Material	Pcs
AB_002	PM_06-20_MP_002_01	Alu roller	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_002	PM_06-20_MP_002_02	Shaft	AISI 1020	1
AB_002	PM_06-20_MP_002_06	Roll guide	EN AW 5083 /EN AW 6060	2
AB_003	PM_06-20_MP_003_01	Alu roller	EN AW 5083 /EN AW 6060	10
AB_003	PM_06-20_MP_003_03	Shaft	AISI 1020	12
AB_005	PM_06-20_MP_005_03	Driver	AISI 1020	1
AB_005	PM_06-20_MP_005_04	Driven	AISI 1020	1
AB_008	PM_06-20_MP_008_03	Encoder wheel	EN AW 5083 /EN AW 6060	1
AB_008	PM_06-20_MP_008_07	Stopper	EN AW 5083 /EN AW 6060	2
AB_014	PM_06-20_MP_013_01	Alu roller	EN AW 5083 /EN AW 6060	2

Slika 5.13: Popis pozicija za tokarenje

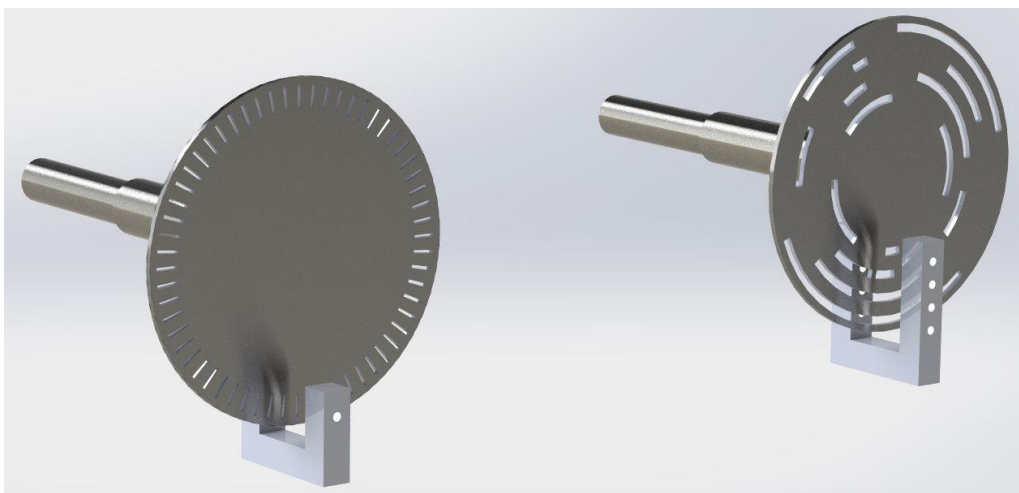
## 6. Električne komponente i shema

Kontrolna jedinica sustava je PLC (eng. *ProgrammableLogicController*) DVP-10MC. DVP-10MC je više osni kontroler proizvođača Delta [8]. Sukladan je osnovnom komunikacijskom protokolu *CANopen* DS301 i protokolu upravljanja pokretom DSP402. Kontroler se sastoji od standardnog PLC modula i MC (eng. *Motioncontrol*) modula.

Umjesto korištenja standardnog istosmjernog motora i dodatnog enkodera, korišten je servomotor. Servomotor se sastoji od odgovarajućeg motora spojenog na senzor za povratnu informaciju o položaju. Moderni servomotori koriste rotacijske enkodere, apsolutne ili inkrementalne.

Pomoću enkodera servomotora možemo odrediti brzinu kretanja PVC folije koju šaljemo printeru i tako eliminirati dodatan trošak stavljanja enkodera. Izlazni signal enkodera servomotora je tipa TTL 5V (eng. *Transistor-TransistorLogic*), a printeru je potreban HTL 24V (eng. *HighThresholdLogic*), stoga je potreban pretvarač signala.

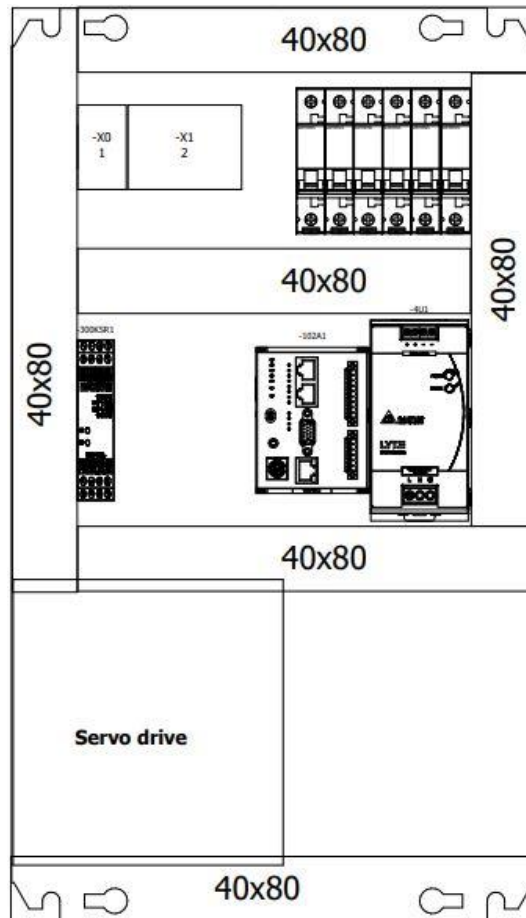
Razlika između apsolutnog i inkrementalnog enkodera je u disku koji se nalazi na osovini enkodera. Disk apsolutnog enkodera prošaran je prorezima u više krugova. Čitanje stanja svakog kruga provodi foto dioda. Apsolutni enkoderi sadrže do 12 foto dioda, za razliku od inkrementalnog enkodera koji ima samo jednu. Svaki krug apsolutnog enkodera daje jednu znamenku binarnog koda. Svakim pomakom generiranje jedinstveni kod [9]. Time možemo odrediti točnu poziciju. Ako se prekine napajanje enkodera i osovina se okrene, pri ponovnom napajanju enkoder će zabilježiti apsolutnu poziciju jedinstvenog koda diska i odrediti točnu trenutnu poziciju. Slika 6.1 prikazuje diskove inkrementalnog i apsolutnog enkodera.



Slika 6.1: Diskovi inkrementalnog i apsolutnog enkodera

## 6.1 Plan električnog ormara

Električni ormar je veličine 660 x 380 x 210 mm. Na slici 5.1 može se vidjeti shema distribucije ormara. Slika 6.2 prikazuje distribuciju električnog ormara.



Slika 6.2: Distribucija električnog ormara

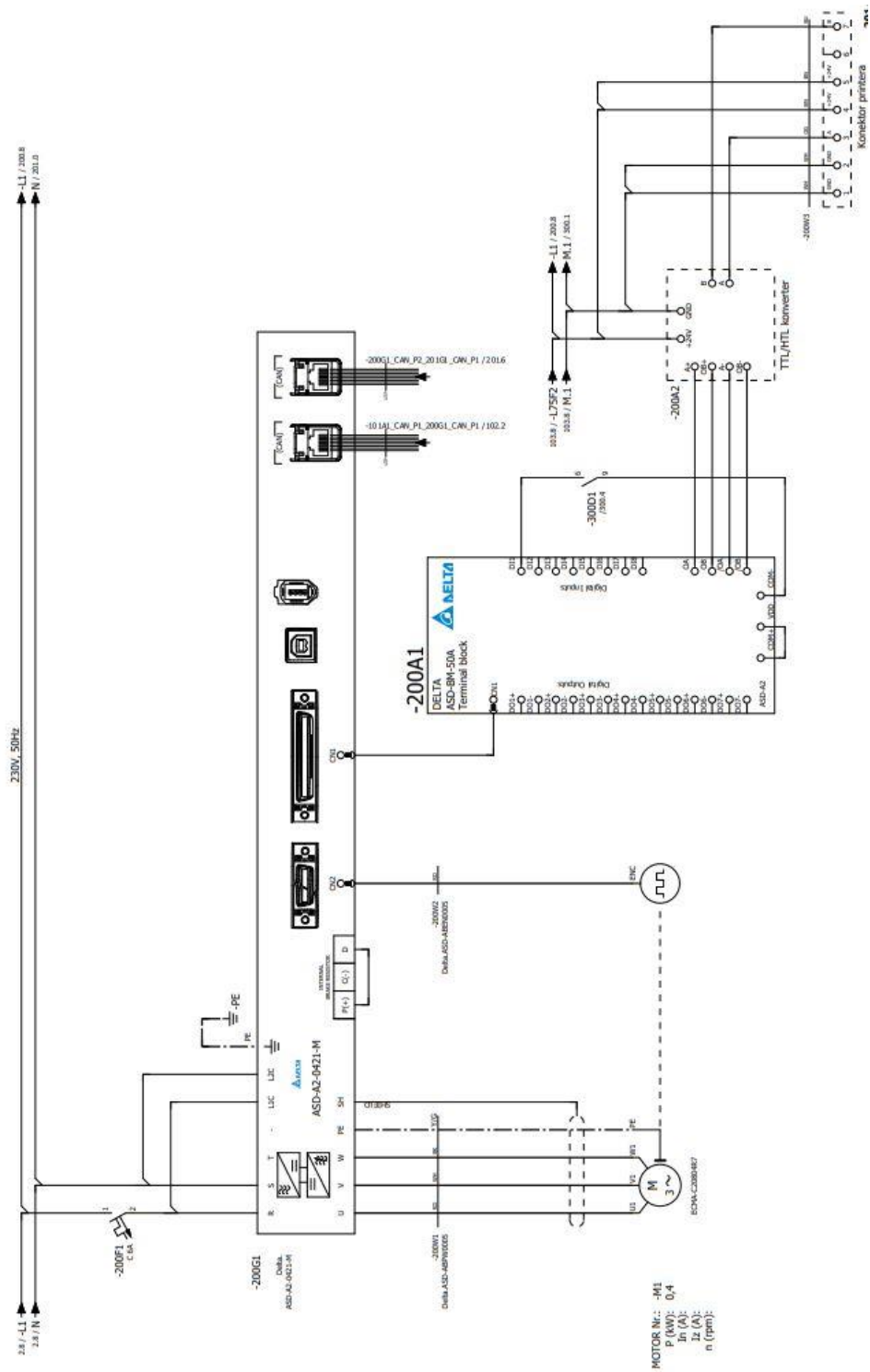
Glavne komponente ormara su:

- PLC – DVP10MC
- Servo kontroler (engl. *Servo Drive*) – ASD-A2-0421-M
- Servo kontroler (engl. *Servo Drive*) – ASD-A2-0221-M
- 24 VDC Napajanje – 24V120W1AS
- Sigurnosni relej – ESM-BA 301

## 6.2 Shema spajanja servomotora i kontrolera

Servomotor ECMA-C20804R7 spojen je sa servo kontrolerom ASD-A2-0421-M kablom ASD-ABP2005, a servo enkoder s kablom ASD-ABEN005. Servo kontroler povezuje se s PLC kontrolerom DVP10MC *CANopen* komunikacijskim protokolom. Pisač se koristi kao zasebna

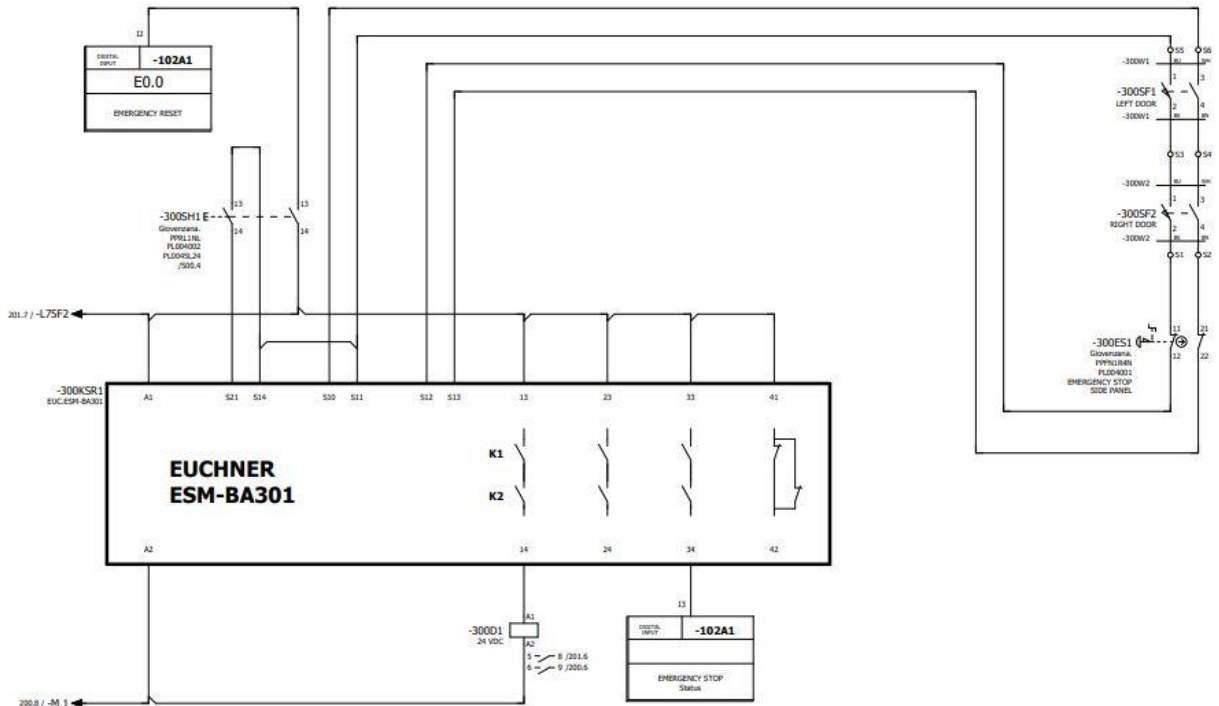
jedinica, povezan je TTL/HTL pretvaračem s PLC kontrolerom. Pretvarač šalje HTL signal sa servo enkodera printeru. Slika 6.3 prikazuje shemu spajanja.



Slika 6.3: Shema spajanja Servo motora i kontrolera

### 6.3 Shema spajanja sigurnosnog releja

Sigurnosni relej ESM-BA301 [10] prati rad sigurnosnih senzora koji štite operatera sustava od nezgoda i ozljeda, osiguravajući zaustavljanje i pokretanje sustava pri kretnjama koje bi ugrozile sigurnost istog. Magnetski senzori Magnus MG B 20 prate otvaranje vrata sustava. Rad sustava se trenutno zaustavlja pri detekciji otvaranja vrata. Nastavljanje s radom sustava odrađuje se resetiranjem i ponovnim pokretanjem. Slika 6.4 prikazuje shemu digitalnih ulaza.



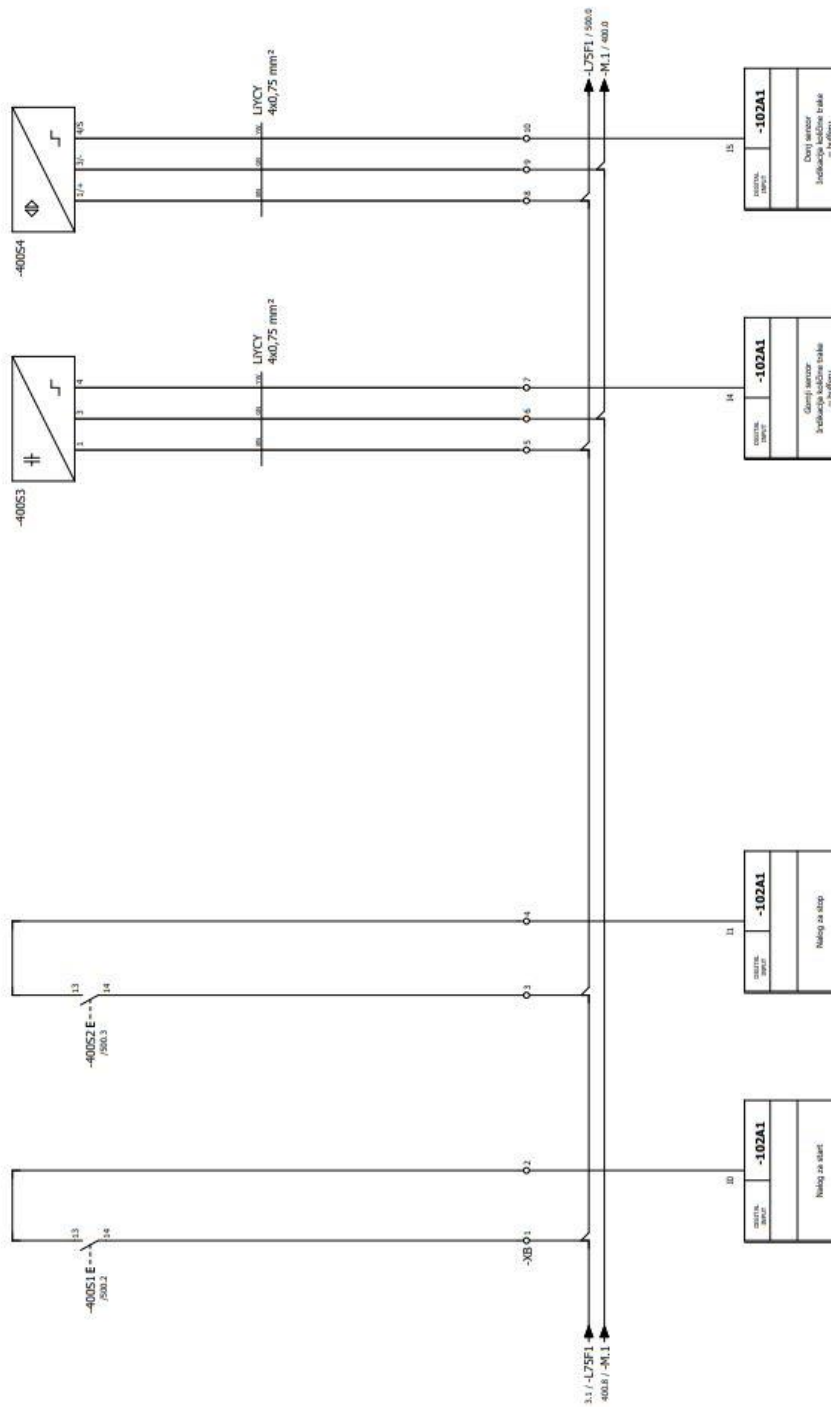
Slika 6.4: Shema spajanja sigurnosnog releja

Karakteristike ESM-BA301:

- Stupanj zaštite: IP20
- Vijek mehaničkih kontakata:  $10 \times 10^6$  ciklusa
- Broj sigurnosnih kontakata: 3
- Radni napon:  $24V \pm 10\%$  DC

### 6.4 Shema spajanja digitalnih ulaza

Indukcijski senzori imaju zadatak praćenja statusa međuspremnik. Pri aktivaciji donjeg senzora sustav se zaustavlja, sve do aktivacije gornjeg senzora koji signalizira da je u međuspremniku ostala količina folije dostatna samo za jedan ispis. Brzina ispisa prilagođena je stroju za punjenje i pakiranje. Slika 6.5 prikazuje shemu digitalnih ulaza.



Slika 6.5: Shema spajanja digitalnih ulaza

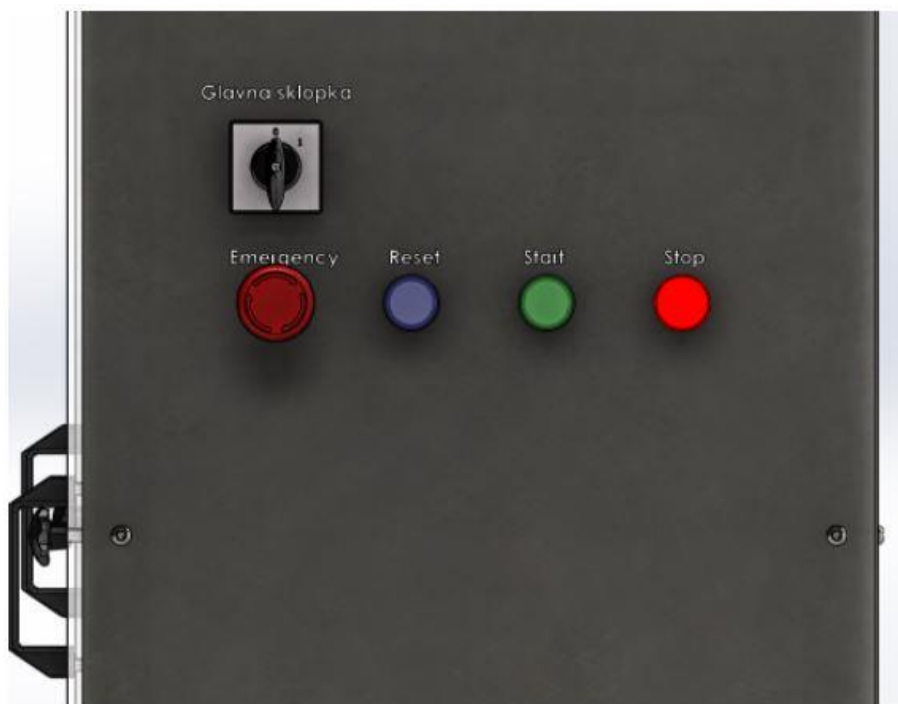
## 6.5 Kontrolna ploča

Kontrolna ploča služi sa za upravljanje sustava za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu.

Pokretanje stroja odvija se na sljedeći način:

- Postavljanje glavne sklopne u poziciju " 1 ".
- Pokretanje stroja prvi put nakon uključivanja dobiva se pritiskanjem tipkala: **RESET**, (delay 2 s) **START**, **STOP**, **START**
- Pokretanje nakon aktiviranja "Emergency" gljive": **RESET**, (delay 2 s) **START**
- Pokretanje nakon aktiviranja nekog od senzora (u slučaju otvaranja vrata prilikom rada stroja ): **RESET**, (delay 2 s) **START**
- Pokretanje nakon zamjene role folije: **RESET**, (delay 2 s) **START**
- Pokretanje nakon pritiska tipkala **STOP**: **START**

Na slici 6.6 prikazana je kontrolna ploča sustava.



Slika 6.6: Kontrolna ploča

## 6.6 Specifikacije sustava

Specifikacija sustava sadrži tehničke podatke o sustavu za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu.

Tehnički podaci:

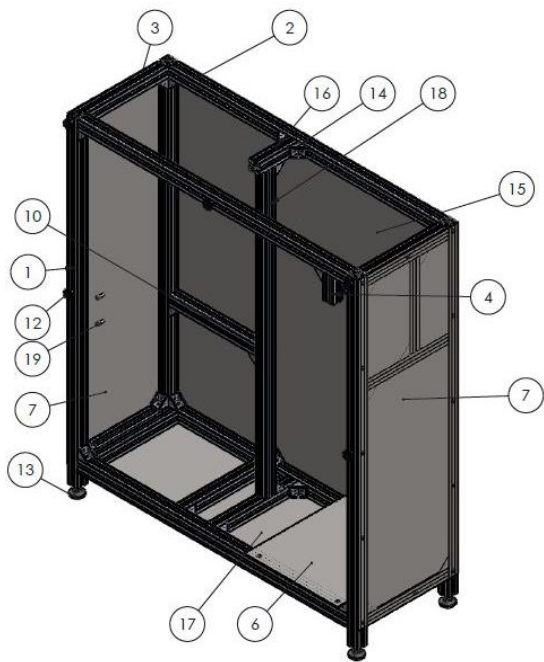
- Kontrolna jedinica: 1200 x 420 x 1850 mm
- Težina: 180 kg
- Napajanje: 230 V 50 Hz
- Snaga: 1500 W.

## 7. Sastavljanje sustava

Po primitku svih dijelova sastavljaju se svi sklopovi prema nacrtima. Nacrt svakog sklopa sadrži popis dijelova i vijčane robe. Svakom dijelu dodijeljen je broj, koji označava poziciju na sklopu kako bi se olakšalo sastavljanje. Na slici 7.1 prikazan je model sklopa konstrukcije.

### 7.1 Sastavljanje konstrukcije

Sastavljanje konstrukcije započinje povezivanjem aluminijskih profila i izradom kostura. Profili se povezuju aluminijskom kutnim spojem koji se pričvršćuje pomoću dva vijka DIN 912 M8x20, dvije T-matice M8 i dvije podloške DIN (njem. *Deutsches Institut für Normung*) 433 8,4. Zaštitne ploče pričvršćuju se vijcima ISO (engl. *International Organization for Standardization*) 7380 M6 x 12 i T – maticama. Koriste se noge za izravnavanje kako bi se sustav mogao prilagoditi ako podloga nije podjednaka na svim dijelovima.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	PM_06-20_SN_001_01	Aluminium profile 40x40 1310	4
2	PM_06-20_SN_001_02		4
3	PM_06-20_SN_001_03	Aluminium profile 40x40 330	7
4	PM_06-20_SN_001_07	Aluminium profile 40x40 100	1
5	PM_06-20_AB_011_02	Front Cover	1
6	PM_06-20_MS_001_05	Mouting for printer	1
7	PM_06-20_MP_001_08	Side cover	2
8	PM_06-20_SN_001_09	Aluminium profile 40x80 330	1
9	ISO 7380 - M6 x 12	Vijak	49
10	PM_06-20_SN_001_10	Aluminium profile 40x40 400	1
11	PM_06-20_SN_001_11	Aluminium profile 40x40 355	1
12	PM_06-20_SN_001_12	M6 Knob	5
13	PM_06-20_SN_001_13	F150 M8 Leveling feet	4
14	PM_06-20_SN_001_14	40x40 Bracket	34
15	PM_06-20_MS_001_13	Back cover	1
16	PM_06-20_SN_001_16	Aluminium profile 40x40 160	1
17	PM_06-20_MS_001_15	bottom cover	1
18	PM_06-20_SN_001_15	Aluminium profile 40x40 1160	1
19	DIN 912 M6 x 20	Vijak	2

<b>PRIMARK</b>		Težina: 75 kg		Debljina: Thickness	
Naziv lista: 08.07.2020		Domagoj B.		Ime/Ime: Frame	
Projezina: 1:10		Mjerna jedinica: mm		Materijal: Steel	
Datum: 08.07.2020		Ime: Domagoj B.		Datum izdavanja: 08.07.2020	
Mjerna ljestvica: 1:10		Jedinice/Units: mm		Brijunski broj: PM_06-20_AB_001_00	
Solidworks		Brijunski broj: PM_06-20_AB_001_00		Količina: 1	

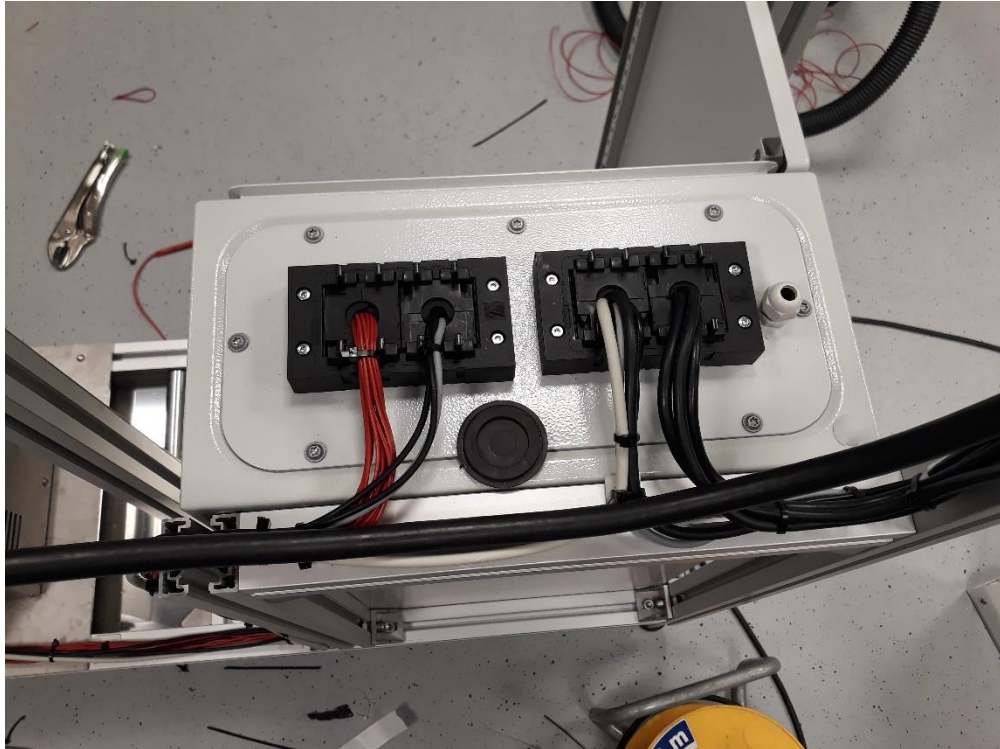
Slika 7.1: Sklop konstrukcije

### 7.2 Ožičenje

Ožičenje i testiranje provedeno je sustava u skladu s ISO 9001. Ožičenje kreće montiranjem elektro komponenti na montažu ploču elektro ormara prema shemi distribucije komponenti.



Završetkom montiranja komponenti postavljaju se kanalice za kabele. Nakon ožičenja komponenata, montažna ploča se montira u elektro ormar. Uvođenje kablova provodi se kroz uvodnice, na kablovima servomotora nalaze se konektori koji zahtijevaju korištenje uvodnica za kabele s konektorom. Ormar se montira unutar sustava te se razvode kablovi i žice prema odgovarajućim pozicijama. Standardna uvodnica PG9 (njem. *Panzergewinde*) korištena za uvođenje kabla koji se spaja na mrežu. Na slici 7.2 prikazane su uvodnice za kabele s konektorom.

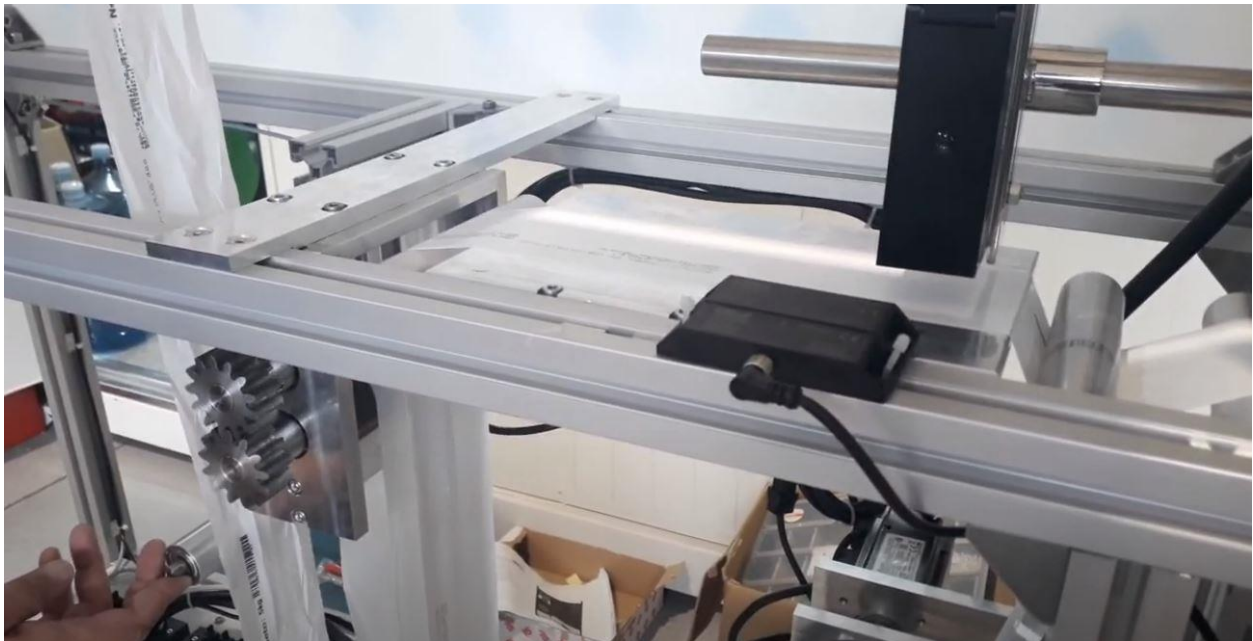


Slika 7.2: Uvodnice za kablove s konektorima

Energetski kabel pisača uvodi se u elektro ormar i spaja na sabirnicu kako bi radio kao zasebna jedinica, neovisno o PLC kontroleru. Sustav ima mogućnost rada u praznom hodu, neovisno o stanju pisača. Ako pisač stane s radom i potreban je hitan servis, sustav se može alternativno koristiti kao dodavač folije i konvencionalno naknadno lijepiti etikete. Završetkom servisa nastavlja se s normalnim radom. Dodatna opcija sustava je ugradnja VPN (engl. *Virtual Private Network*) uređaja koji omogućuje konstantan pristup i *Monitoring*.

## 8. Testiranje sustava

Uspostavljanjem komunikacije između PLC kontrolera, servomotora, servo kontrolera i pisača započinje inicijalno testiranje sustava. Otvaranjem sučelja ulaznih signala pisača pregledava se stanje kretanja folije koje se prosljeđuje s PLC kontrolera kroz TTL/HTL pretvarač. Signal o stanju folije očituje se preko zakretnog momenta servomotora na sklopu održavanja napetosti. Slika 8.1 prikazuje inicijalan test.



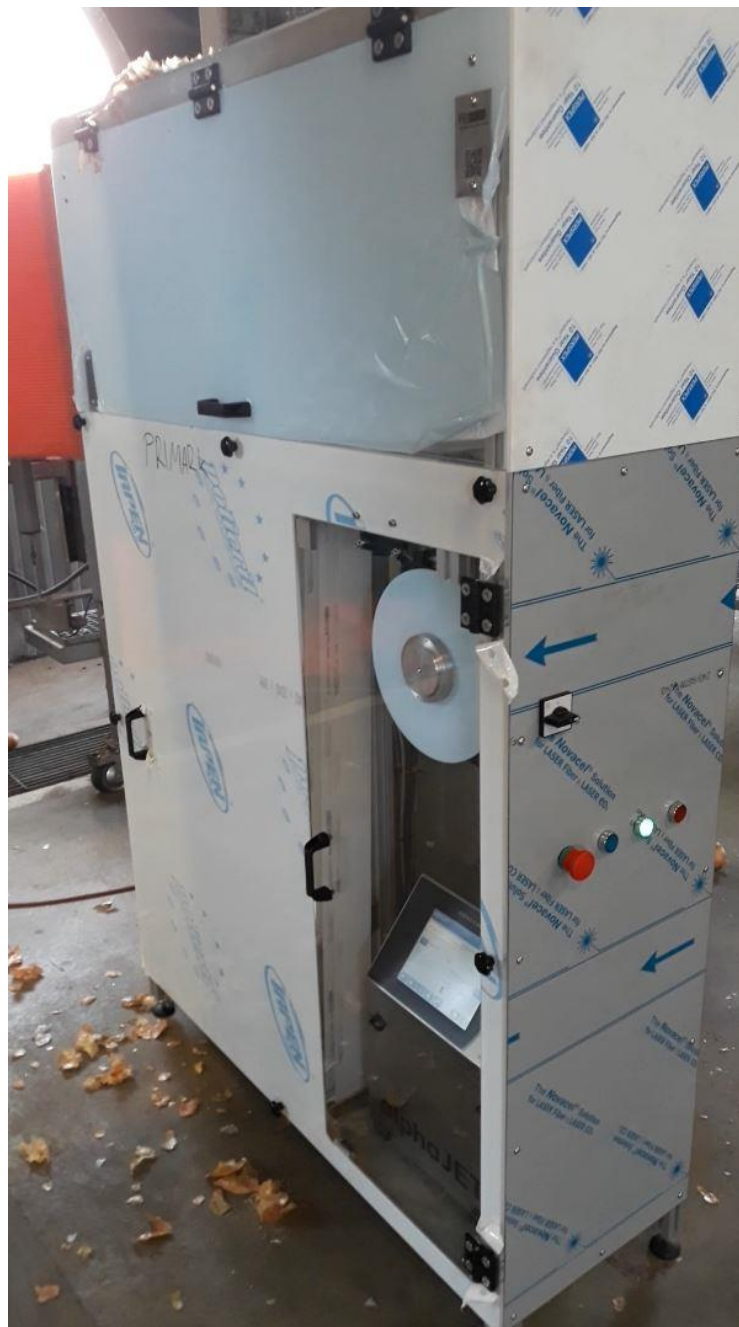
Slika 8.1: Inicijalni test sustava [11]

### 8.1 Parametriranje

Uspostavom komunikacije potrebno je odraditi parametriranje sustava. Određuje se brzina odmotavanja prema radijusu vulkaniziranih valjaka te iznos zakretnog momenta potrebnog za održavanje konstantne napetosti folije prilikom rada, zaustavljanja i pokretanja [12]. Gornji senzor međuspremnik postavlja se u poziciju pri kojoj je iznos folije jednak jednom ciklusu ispisa, a donji senzor u poziciju pri kojoj se u međuspremniku nalazi količina folije dovoljna za četiri ciklusa ispisa. Slika 7.1 prikazuje testiranje nakon inicijalnog parametriranja. Udaljenost glave pisača do objekta iznosi od 2 mm do 25 mm. Ovisno o visini ispisa. Maksimalna visina ispisa iznosi 15 mm, moguće je dobiti veću visinu udaljavanjem glave pisača više od 25 mm, ali dolazi do gubitaka kvalitete ispisa. Problem kod ispisa moguć je kod krivog unosa impulsa po okretaju. Printer zahtjeva 5000 impulsa po okretaju, ako printer zaprima manje ili više ispisa će biti izdužen ili sabijen.

## 9. Integracija sustava

Integracija sustava slijedi nakon uspješne konfiguracije svih komponenata i testiranja. Jednostavno rastavljanje gornje zaštite od ostatka sustava olakšava transport. Nakon transporta sustava na lokaciju slijedi montiranje sustava te postavljanje na predviđeno mjesto. Zbog udaljenosti od mjesta ulaska folije do izlaza folije iz sustava potrebni su dodatni transportni valjci s nosačima. Predviđeni otvor za izlaz folije prekriven je metlicama kako bi se smanjila mogućnost ulaza prašine unutar sustava tijekom rada. Slika 9.1 prikazuje instaliran sustav na lokaciju.

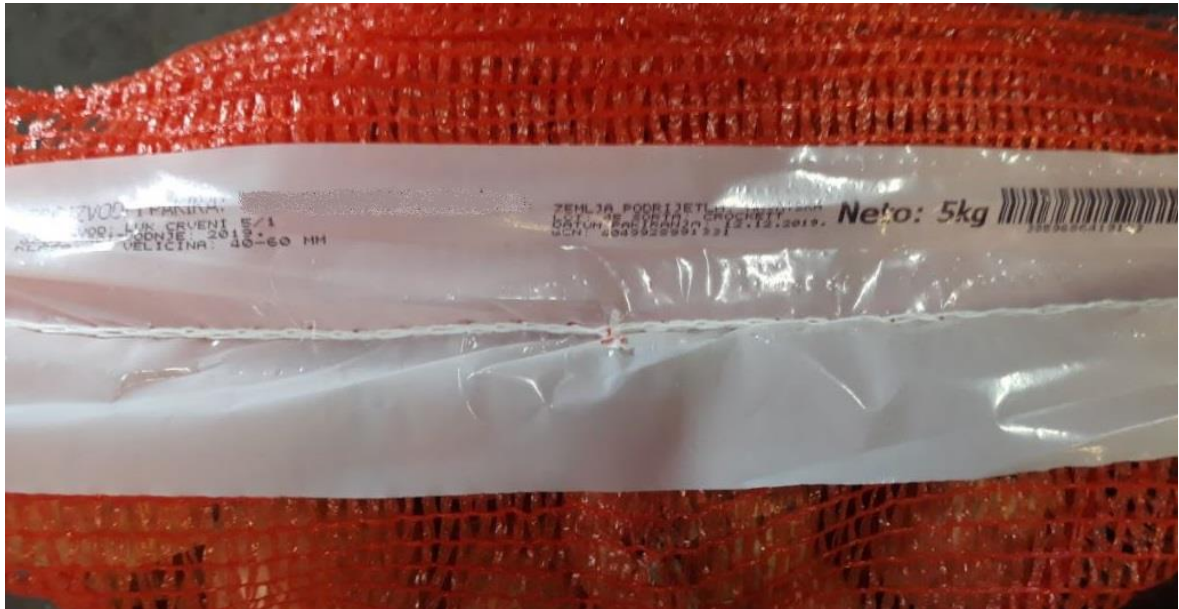


Slika 9.1: Instaliran sustav



## 9.2 Završni proizvod

Ispis na foliji zadovoljava sve uvijete kvalitete. Razmak između ispisa postavljen je tako da su na vreći uvijek nalazi barem jedan cijeli ispis. Vrijeme potpunog procesa od ispisa, punjena i šivanja u gruboj procjeni smanjeno je za 1-2 sekunde po vreći eliminirajući manualno lijepljenje etiketa. Na slici 9.3 prikazana je ušivena PVC folija.



Slika 9.3: Ušivena PVC folija [14]

## 10. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je pobliže objasniti put i proces izrade mehatroničkog sustava, odnosno u ovome radu; sustava stabilizacije folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu. Najveći dio rada rađen je u *CAD* programu *SolidWorks*. Tijekom izrade projektnog rada korišteno je iskustvo i znanje iz područja *CAD* modeliranja, tehničkih materijala, proizvodnih procesa i mehanike. Sustav je moguće proširiti HMI (engl. Human-Machine Interface) sučeljem koje bi omogućavalo jednostavniji unos podataka i izmjenu istih. Ograničenja sustav su: maksimalna moguća širina folije za ispis te visina ispisa pisača. Trenutna vrsta pisača je kontinuirani *InkJet*, prema zahtjevima kupca i rezoluciji printa. Izrađeni sustav omogućuje optimizaciju troškova i ubrzanje tehnološkog procesa.

## 11. LITERATURA

- [1] Video izvida lokacije [Online]. Dostupno (13.10.2020).  
<https://drive.google.com/file/d/1UEOciwQRRBN1ZSAa1eqy1Pjun7rExZ3F/view?usp=sharing>
- [2] AlphaJet Mondo documentation [Online]. Dostupno (23.09.2020).  
[https://coding.koenig-bauer.com/fileadmin/user\\_upload/dateien/broschueren/alphajet\\_en\\_10392557.pdf](https://coding.koenig-bauer.com/fileadmin/user_upload/dateien/broschueren/alphajet_en_10392557.pdf)  
(26.09.2020.)
- [3] Total Materia. Aluminium standards [Online]. Dostupno (23.09.2020):  
<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=AluminumStandards&LN=EN>
- [4] Studij dizajna. Osnove strojarskih konstrukcija [Online]. Dostupno (23.09.2020).  
[https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/design/2007/hrapavost\\_tehnickih\\_povrsina.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/design/2007/hrapavost_tehnickih_povrsina.pdf)
- [5] Studij dizajna. Osnove strojarskih konstrukcija [Online]. Dostupno (24.09.2020).  
<https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/design/tolerancije.pdf>
- [6] Dunđer M. Elementi Strojeva. Usvajanje elemenata. [Online]. Dostupno (24.09.2020).  
<https://www.ffri.hr/~mdundjer/Elementi%20strojeva%20I/03-UsvajanjeElementata.pdf>
- [7] SolidWorks. Resource centre. [Online]. Dostupno (25.09.2020).  
<https://www.solidworks.com/support/resource-center>
- [8] Deltronics. DVP-MC MotionControllerManual.[Online].Dostupno (26.09.2020).  
[http://www.deltronics.ru/images/manual/DVP-MC\\_OM\\_EN\\_20150901.pdf](http://www.deltronics.ru/images/manual/DVP-MC_OM_EN_20150901.pdf)
- [9] Baumer. Product overview. [Online]. Dostupno (26.09.2020).  
<https://www.baumer.com/dk/en/product-overview/rotary-encoders-angle-sensors/c/312>
- [10] Euchner. Safetyrelays. [Online]. Dostupno (28.09.2020).  
<https://assets.euchner.de/sirius/429366.pdf>
- [11] Video inicijalnog testiranja [Online]. Dostupno (13.10.2020).  
<https://drive.google.com/file/d/1rC4d6uVYMg4IDVc6T3nN9cAL7j7991GU/view?usp=sharing>
- [12] Video parametriranja [Online]. Dostupno (13.10.2020).  
<https://drive.google.com/file/d/1mrg6ILxjR9is9Ib-IUuGayL3-4Hsxo/view?usp=sharing>
- [13] AveryDennison. UV LED InksandCuring. [Online]. Dostupno (28.09.2020)  
<https://label.averydennison.com/content/dam/averydennison/lpmresponsive/europe/english/documents/product-overviews/product/paper/digital-printing/po-eu-digital-printing-portfolio-en.pdf>

[14] Video integriranog sustava [Online]. Dostupno (13.10.2020).

<https://drive.google.com/file/d/1BKrd7ovDZMEKnjAvYUSoSsAi26ucSLv/view?usp=sharing>



## 12. OZNAKE I KRATICE

3D – 3 Dimensions (3 dimenzije)

AB – Assembly (Sklop)

AC – CastProduct (Lijevani proizvod)

AISI - American Iron and Steel Institute (Američki institut za željezo i čelik)

AW – WroughtProduct ("kovani" proizvod)

CAD – Computer Aided Design (Oblikovanje pomoću računala)

CAM – Computer AidedManufacturing (Proizvodnja pomoću računala)

CIJ – Continuous InkJet (Kontinuirani InkJet)

CNC - Computer NumericalControl (Računalno numeričko upravljanje)

CO<sub>2</sub> – Carbondioxide (Ugljikov (IV) oksid)

DIN - Deutsches Institut für Normung (Njemački institut za norme)

HTL – HighThreshold Signal – (Signal visokog praga)

ISO-International Organization for Standardization (Međunarodna organizacija za standardizaciju)

HMI – Human-Machine Interface (Sučelje ljudskog stroja)

MC – MotionControl (Kontroler pokreta)

MP – ManufacturePart (Obradjeni dio)

MS – Metal Sheet (Metalni lim)

PG – Panzergewinde (Norma dimenzije za uvodnicu)

PLC – ProgrammableLogicController (Programabilni logički kontroler)

PVC - PolymerizingVinylChloride (Polivinil klorid)

SJO – Sustav jedinstvene osovine

SJP – Sustav jedinstvenog provrta

SN – Standard Part (Standardni dio)

TTL – Transistor-TransistorLogic

UV LED – UltravioletLightEmitting Diode (Ultraljubičasta emitirajuća dioda)

VPN – VirtualPrivate Network (Virtualna privatna mreža)

## 13. SAŽETAK

**Naslov:** Izrada mehatroničkog sustava stabilizacije folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu

Tema ovog završnog rada su potrebni koraci za izradu mehatroničkog sustava. Kroz rad se protežu sve grane mehatronike. Strojarsvo se proteže kroz modeliranje sustava, odabir odgovarajućih materijala i proces obrade. Elektronika se proteže kroz odabir odgovarajućih senzora, izračun snage i okretnih momenata motora, te odabira odgovarajućih električnih komponenti. Informatika obuhvaća izradu programa za PLC kontroler i kontrolu servomotora. Automatizacija odrađuje upravljanje i regulaciju sustava, nadovezujući se na PLC programiranje. *SolidWorks* koristimo od izrade inicijalne skice; izrade 3D modela do generiranja G koda potrebnog za obradu dijelova. Cilj ovog rada je prikaz svih potrebnih koraka od skiciranja inicijalne ideje sve do testiranja završnog proizvoda.

**Ključne riječi:** Automatizacija, PLC, 3D modeliranje, SolidWorks.

## 14. ABSTRACT

**Title:** Development of a mechatronics foil stabilization system and digital Ink-Jet printing unit.

Topic of the paper is the necessary steps to create a mechatronics system. All branches of mechatronics extend through the work. Mechanical engineering goes through system modelling, selection of appropriate materials and processing. The electronics extends through the selection of appropriate sensors, the calculation of servomotor power and torque, and the selection of fitting electrical components. Informatics includes the development of program for PLC controller and servomotor control. Automation performs system management and regulation, building on PLC programming. SolidWorks is used from creation of the initial sketch; making 3D model up to generating G code needed to process parts. The aim of this paper is to go through all the necessary steps from sketching the initial idea all the way to testing final product.

**Keywords:** Automation, PLC, 3D modelling, SolidWorks.





3. Prilog prikazuje sklop za odmotavanje folije te pripadajuće dijelove.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	PM_06-20_MP_005_01	Feeder plate	1
2	PM_06-20_MP_005_02	Smaller plate	1
3	PM_06-20_MP_005_06	Top connection	1
4	PM_06-20_MP_005_07	Bottom connection	1
5	PM_06-20_SN_005_09	Mod.3 Z=13 PM30013	2
6	PM_06-20_MP_005_11	Holder	1
7	PM_06-20_MP_005_11	Servo distance	1
8	16002 SKF	Ball Bearing	3
9	16004	Ball Bearing	1
10	motor_scm-c20604rs	Servo	1
11	DIN 912 M5 x 16	Vijak	12
12	DIN 912 M5 x 20	Vijak	4
13	DIN 7991 - M6 x 25	Vijak	4
14	DIN 913 - M5 x	Vijak	2
15	PM_06-20_AB_055_00	Driven	1
16	PM_06-20_AB_056_00	Driver	1

**PRIMARK**  
 Industrijski sustavi za obradu materijala  
 Datum: 08.07.2020 | Domaćolj B.  
 Naziv: Feeder  
 Broj lista: 1  
 Ukupno lista: 1  
 Izradio: [ime]  
 Provjedio: [ime]  
 Inženjerski odjel: [ime]  
 Mjerna lica: 1:2  
 Adresa: [ime]  
 M. B. S. [ime]  
 A3  
 100 strani  
 100 strani  
 SolidWorks  
 Broj lista: PM\_06-20\_AB\_005\_00  
 Broj lista: 1  
 Broj lista: 1

4. Prilog prikazuje gornju zaštitu sustava za stabilizaciju folije i digitalnog Ink-Jet ispisa na istu.

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	PM_06-20_SN_012_01	Alu profile 40x40 490	4
2	PM_06-20_SN_001_02	Aluminium profile 40x40 1100	2
3	PM_06-20_SN_001_03	Aluminium profile 40x40 330	4
4	PM_06-20_SN_001_14	40x40 Bracket	18
5	PM_06-20_MS_012_01	Side plexi cover	1
6	PM_06-20_MS_012_04	Top plexi cover	1
7	PM_06-20_MS_012_05	Back plexi cover	1
8	PM_06-20_MP_012_07	Top cover with doors	1
9	PM_06-20_MS_012_08	Doors	1
10	PM_06-20_MS_009_03	Handle A 107	1
11	PM_06-20_SN_088_00	Hinge	2
12	PM_06-20_SN_001_16	Aluminium profile 40x40 160	2
13	ISO 7380 - M6 x 16	Vijak	19
14	DIN 7991 - M8 x 25	Vijak	8
15	DIN 912 M6 x 20	Vijak	2
16	DIN 7991 - M6 x 20	Vijak	3
17	DIN 912 M8 x 16	Vijak	36
18	PM_06-20_MS_012_09	Side with opening	1
19	DIN EN ISO 7040 - M6	Vijak	2

**PRIMARK** d.o.o.  
 MULTIMEDIJSKI SUSTAVI ZA BEŽIČNU IŠTAMPOVANJE

Uređaji: 06.07.2020  
 Datum: 06.07.2020  
 Izdavač: PRIMARK d.o.o.  
 Verzija: 1.5  
 Status: 1.5  
 Datum: 06.07.2020  
 Izdavač: PRIMARK d.o.o.

Težina: 23 kg  
 Mjera: Natural

Ime: Top Cover


Br. crteža: PM\_06-20\_AB\_012\_00





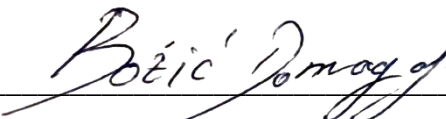
## IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>26.10.2020.</u>	Domagoj Božić	

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

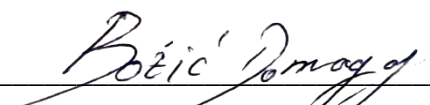
Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

  
ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 26.10.2020.

  
potpis studenta/ice